

序 言

从实验室到梳妆台，构建科学护肤桥梁

当前，化妆品科学发展正乘势扬帆，迎来波澜壮阔的黄金时代——基因工程正在揭示皮肤衰老背后隐匿的分子密码；生物发酵技术正持续推动活性成分的迭代升级；人工智能正加速配方的精准设计。在这一时代背景下，当“科技力”正在取代“故事力”，成为化妆品行业的“核心竞争力”时，一部能够紧密衔接科技前沿与消费认知的科普著作，显得尤为重要。

由白仁仁教授精心编写的《化妆品明星成分》，正是对这一时代需求的有力回应。本书不仅深入剖析了化妆品领域中备受瞩目的“一线明星”成分（如视黄醇、玻色因、胶原蛋白等），还聚焦于直击细胞水平抗衰的前沿新兴领域，对能量代谢成分、二裂酵母成分等进行了深度探讨。在内容编排上，书中将每种成分单独设为一章，全面介绍其研发历程、功效活性和不良反应，以及实际应用中的注意事项和市场前景。相关内容不仅立足于专业期刊和科学研究的实证基础之上，而且通过通俗易懂的表述方式，巧妙地将晦涩复杂的科学知识以易于理解的方式呈现给广大读者，力求实现专业性与科普性之间的平衡。这种独特的编写理念，赋予了本书广泛的适用性。本书既可作为化妆品从业者深入钻研行业知识、提升专业水平的有力工具书；又能成为普通消费者和爱美人士开启科学护肤之旅的贴心指南。本书不仅能够助力消费者在日常护肤中理性甄选真正适合自己的产品，精准应对各种肌肤问题，而且有助于提升消费者对化妆品的科学认知水平，引导其树立更为科学、合理的消费观，在追求美丽的道路上稳步前行。



在当前化妆品监管政策日益规范化的背景下，化妆品成分宣称的科学依据与权威背书变得至关重要。本书的宗旨并非是将读者培养成为化学家，而是致力于帮助读者构建并掌握“成分思维”模式——当在柜台拿起一款宣称含有“胶原蛋白”的产品时，能够精准分辨其成分是源自动物提取物（分子量大、难吸收）还是重组胶原蛋白（透皮率显著提升）；当面对营销中强调的“高浓度”宣称时，能够理性思考成分的配伍工艺与渗透技术能否使其成分真正发挥作用，从而做出更为理性、科学的消费决策。

衷心希望本书能化作一座桥梁，让实验室的前沿研究成果跨越学术高墙，融入消费者的日常护肤实践之中。与此同时，也愿本书成为化妆品成分的星辰大海中的一座灯塔，为消费者提供科学、理性的护肤指引，助其找到真正适合自己的科学护肤之道，绽放出由内而外的健康光彩。

中国抗衰老促进会化妆品产业分会会长

中国化妆品科学杂志社社长

2026年5月

前言

成分之光，照亮科学护肤之路

在日常生活中，广大读者或许常常深陷于眼花缭乱的护肤品宣传漩涡，难以自拔。当面对主播慷慨激昂的热情解说，当目睹美妆博主刷满屏幕的测评笔记，当看到产品包装上“革命性突破”等夸大其词的宣传语时，普通消费者怎能不感到茫然无措、无所适从？在这个信息爆炸有时却真伪难辨的时代，消费者在化妆品前所面临的，远不只是琳琅满目的产品选择难题，更是一场对成分科学真相的迫切渴求与商业宣传重重迷雾之间的艰难博弈。

近年来，我们见证了化妆品行业从“品牌神话”主导的市场格局迈向“成分觉醒”的新阶段。当前行业正面临着双重挑战：一方面，消费者陷入“信息过载带来的迷茫困境”；另一方面，研究人员则苦于难以有效实现科研成果的市场转化。在植物提取物稳定化技术成为行业发展的关键痛点，而社交媒体上“纯天然 = 安全”的认知误区被大肆宣扬时，在烟酰胺浓度被盲目推高至10%以上，却忽略透皮吸收率这一核心指标时，科学与市场之间的认知鸿沟已然显现。护肤本质上是一门严谨的科学，绝非故弄玄虚的玄学。真正决定化妆品功效的，是那些经过科学验证的有效成分及其合理应用。消费者对化妆品行业存在的诸多误解，究其根源，主要在于对化妆品成分相关知识的严重匮乏。

这正是笔者撰写《化妆品明星成分》的初衷。在当下化妆品市场纷繁复杂的背景下，唯有了解化妆品经典成分的基础知识，消费者方能更加理性、精准地挑选真正适合自己的化妆品。本书聚焦化妆品领域具有抗衰老、保湿和美白等功效的十大明星成分——视黄醇、玻色因、胶原蛋白、能量护肤成分、二裂酵母发酵产物溶胞物、肽、玻尿酸、维生



素E、传明酸和熊果苷，并采用“一成分一章”的解析架构。在每一章中，系统追溯一种或一类成分的基本概况、研发历程、作用机制、不良反应、在化妆品中的应用、市场前景和注意事项等内容。不仅如此，本书还深度剖析这些明星成分真实功效的边界，如视黄醇抗衰传奇背后的“双刃剑”效应、“吸水海绵”玻尿酸受分子量大小制约的内在机制，以及“细胞发电站”抗衰护肤成分对肌肤能量代谢的激活作用等。在当下视频直播日益主导消费决策的时代浪潮中，“成分党”群体的崛起虽然反映了理性消费意识的觉醒，却也催生了一系列新的认知陷阱。面对铺天盖地“添加即有效”的宣传，消费者亟须清醒认识到，成分的纯度、浓度、配伍工艺，以及透皮吸收率，共同构成了产品功效的决定性要素。鉴于此，本书也针对化妆品选择过程中常见的误区和关键注意事项展开深入探讨。此外，对于每一种特定成分，书中精心列举了部分含有该成分的产品。需要特别说明的是，受限于书籍篇幅，无法将所有含有该成分的产品一一罗列，且对书中所列举的产品绝无推荐之意，请读者根据自身的肤质、需求及预算等因素，挑选真正适合自己的产品。

从最初构想酝酿，经历反复修订，再到最终付梓，本书的撰写历时近两年。感谢我的研究生罗欣雨（视黄醇）、孙寅炎（玻色因）、李飞凡（胶原蛋白）、王珊（能量护肤成分）、牛小田（二裂酵母发酵产物溶胞物）、冯美玲（肽）、封禧龙（玻尿酸）、卢柳欣（维生素E）、治佳（传明酸）和倪鑫华（熊果苷），感谢他们在本书资料整理和编写过程中的付出。随着本书的完成，他们也在逐渐成长为化妆品领域的“小专家”，收获良多。同时，感谢陈文超和蒋筱莹两位老师对书稿的校对！

谨以此书献给每一位追求科学护肤真知的探索者，以及在实验室挑灯夜战、默默耕耘、精益求精的研究人员。

白仁仁

renrenbai@126.com

2026年2月于杭州

目 录

第1章 视黄醇：皮肤抗衰老新纪元	1
1.1 视黄醇的发现：夜盲症的克星	1
1.2 视黄醇与视黄酸：从痤疮治疗到抗衰老	3
1.3 视黄醇衍生物：抗皮肤衰老亲友团	6
1.4 视黄醇抗皮肤衰老的机制：焕肤魔法	11
1.5 视黄醇类化妆品的功效：重拾肌肤年轻活力	13
1.6 视黄醇的副作用：带刺的玫瑰	15
1.7 视黄醇是否绝对安全：你真的知道吗	22
1.8 美丽与风险并存：“抗衰明星”还是“潜在陷阱”	25
第2章 玻色因：肌肤冻龄的“时间绷带”	35
2.1 糖胺聚糖：皮肤水嫩的“守门员”	35
2.2 玻色因的发现历程：糖化学的“巅峰之作”	40
2.3 玻色因的抗衰机制：肌肤年轻的密钥	42
2.4 玻色因立体构型： α/β 和 R/S 型与抗衰活性	45
2.5 玻色因的合成进化论：1.0化学法→3.0生物酶法	51
2.6 糖胺聚糖与胶原蛋白：“填充海绵”与“钢筋骨架”	52
2.7 玻色因原料含量之谜：30%玻色因原液 vs 30%玻色因	53
2.8 玻色因“封印”解除：抗衰市场百花齐放	57
第3章 胶原蛋白：撑起皮肤的中流砥柱	63
3.1 胶原蛋白：低调的“建筑大师”	63
3.2 胶原蛋白与皮肤衰老：肌肤的天然支架	66
3.3 胶原蛋白功效验证	68



3.4	胶原蛋白的来源：内外兼修·····	71
3.5	皮肤胶原蛋白的补充：从食补到外用·····	77
3.6	胶原蛋白在化妆品中的应用·····	80
第4章	能量护肤成分：细胞级抗衰新维度·····	89
4.1	护肤认知升级：从“表面功夫”到“细胞工程”·····	89
4.2	线粒体的发现：显微镜下的意外收获·····	90
4.3	线粒体损伤：皮肤老化的幕后推手·····	92
4.4	线粒体能量护肤成分：靶向护肤新策略·····	96
4.5	天然植物成分及其他活性成分·····	106
4.6	皮肤“防腐剂”七兄弟：功效与安全性并行·····	113
4.7	能量护肤：光芒背后的风险航道·····	114
第5章	二裂酵母发酵产物溶胞物：生物护肤的“六边形战士”·····	121
5.1	二裂酵母发酵产物溶胞物：偶然发现的化妆品“黄金成分”·····	121
5.2	二裂酵母发酵产物溶胞物：“海纳百川”的活性组成·····	128
5.3	二裂酵母发酵产物溶胞物：护肤修护的“神来之手”·····	131
5.4	二裂酵母发酵产物溶胞物的应用前景：护肤界的“万花筒”·····	137
5.5	二裂酵母发酵产物溶胞物：医药行业的“潜力股”·····	141
5.6	二裂酵母发酵产物溶胞物的联合应用：协同机制与配伍禁忌·····	142
第6章	肽：肌肤活力的焕活“肽队”·····	147
6.1	肽的发展：穿越分子迷宫的科学征途·····	147
6.2	肽的“家族图谱”：从信号肽到载体肽的分类解析·····	151
6.3	肽的分类·····	155



6.4	肽的“信号密码”：从抗衰老到美白	161
6.5	肽安全性解码：“护肤神器”还是“潜在魔药”	166
6.6	肽的“稳定之道”：肽活性成分的守护者	168
6.7	肽护肤品的市场现状	170
第7章 玻尿酸：肌肤补水系统的“海绵战士”		179
7.1	玻尿酸的发现：跨世纪之旅	179
7.2	“分子海绵”玻尿酸：从螺旋链到千倍锁水	182
7.3	外用玻尿酸：肌肤水润新生的钥匙	183
7.4	注射用玻尿酸：美容与风险的双面镜	185
7.5	玻尿酸与胶原蛋白：双剑合璧抗衰抗皱与各显神通	188
7.6	玻尿酸美容：理性思考下的美丽抉择与误读警示	189
7.7	玻尿酸：未来美容与健康领域的多面手	191
第8章 维生素E：皮肤的天然卫士		197
8.1	维生素E：此维生素E非彼维生素E	197
8.2	维生素E的发现：一种与生命孕育相关的物质	199
8.3	维生素E衍生物：青出于蓝而胜于蓝	200
8.4	维生素E与化妆品：配方中的常客	203
8.5	维生素E的作用机制：皮肤保护的秘诀	205
8.6	维生素E的商业视角：三大维生素支柱产品之一	209
第9章 传明酸：“一生惋惜”成就“美丽意外”		215
9.1	传明酸的发现：一生惋惜	215
9.2	祛斑美白：美丽意外	216
9.3	传明酸美白机制：肌肤亮白的秘籍	217
9.4	双效阻断亮白肌肤：美白界的全能卫士	221
9.5	不止美白：在皮肤病领域崭露头角	223



9.6	不良反应：美丽背后仍需谨慎·····	224
9.7	美白常春藤：新宠迭起下的理性之选·····	225
第10章	熊果苷：源自北欧密林的美白卫士·····	231
10.1	熊果苷：美白界的“色素橡皮擦”·····	231
10.2	熊果苷的发现历程：从古老灌木到科学传奇·····	232
10.3	酪氨酸酶的可逆抑制：皮肤美白的分子密码·····	234
10.4	熊果苷的其他功效·····	237
10.5	安全争议：天使还是魔鬼·····	238
10.6	市场探秘： α 和 β 的较量与品牌选择·····	240
10.7	使用注意事项：驾驭双刀剑·····	242

第1章

视黄醇：皮肤抗衰老新纪元

1.1 视黄醇的发现：夜盲症的克星

视黄醇 (retinol, ROL), 俗称A醇, 是一种脂溶性维生素——维生素A (vitamin A, VA), 对热、酸、碱稳定, 但易被氧化, 紫外线可促进其氧化代谢。VA包括两种异构体——视黄醇 (VA_1) 和3-脱氢视黄醇 (VA_2) (图 1-1)^[1]。 VA_1 多存在于海洋鱼类及哺乳动物肝脏组织, 而淡水鱼肝脏则是 VA_2 的主要来源。植物中不含VA, 但胡萝卜素可在肝脏中转化为VA (1 mg胡萝卜素可转化为0.167 mg VA)。由于 VA_2 的活性较低, 其生理活性仅为 VA_1 的1/3~1/2, 因此, 通常所说的VA一般是指 VA_1 ^[2, 3]。

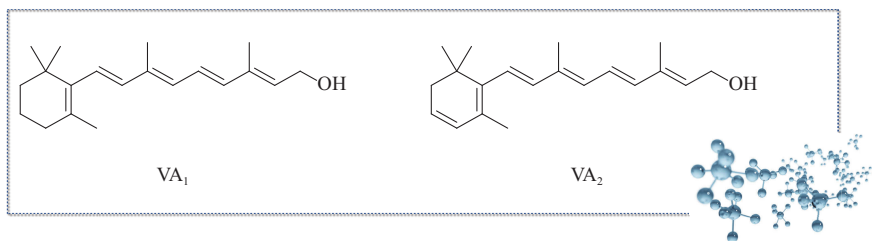


图 1-1 VA_1 和 VA_2 的化学结构

从“视黄醇”这一名称便可以联想到, 其与视觉是密不可分的。视



黄醇作为视网膜感光细胞中视紫红质的重要组成成分，对暗光条件下正常视觉功能的维持至关重要，缺乏视黄醇会导致夜盲症^[4]。

视黄醇的发现历史非常悠久。早在公元前3000年，古埃及人就发现将煮熟的肝脏压汁并涂抹于眼部，或食用动物肝脏，可以治疗夜盲症和某些眼疾。在中医学典籍中，魏晋时期便有夜盲症的描述，并且出现了“肝能明目”的理论雏形。例如，东晋医药学家葛洪在其《肘后备急方》中使用羊肝治疗夜盲症。此外，唐朝孙思邈在《备急千金要方》中也记载了动物肝脏可用于夜盲症的治疗^[5,6]。

《肘后备急方》中的相关记载

用苍术二两，捣罗为散，每服一钱，不计时候。以好羊子肝一个，用竹刀子批破，糝药在内，麻绳缠定，以粟米泔一大盏，煮熟为度。患人先薰眼，药气绝即吃之。（《简要济众方》收录治小儿雀目）

《备急千金要方》中的相关记载

凡人年四十五已后，渐觉眼暗，至六十已后，还渐目明。治之法：五十已前，可服泻肝汤；五十已后，不可泻肝。目中有疾，可傅石胆散药等。无病不可辄傅散，但补肝而已。自有肝中有风热，令人眼昏暗者，当灸肝输，及服除风汤、圆、散数十剂，当愈。

1913年，美国科学家埃尔默·麦科勒姆（Elmer McCollum）和玛格丽特·戴维斯（Marguerite Davis）等4位科学家从大西洋秋刀鱼肝脏中提纯出了一种黄色的黏稠液体。他们认为这是一种脂溶性维生素，所以将其命名为“脂溶性物质A”（fat-soluble A），这也是第一次对维生素进行的命名。1920年，视黄醇被正式命名为“VA”。1931年，瑞士科学家保罗·卡勒（Paul Karrer）确定了视黄醇的化学结构^[7,8]。1937年，哈里·霍姆斯（Harry Holmes）和露丝·科比特（Ruth Corbet）分



离并获得了视黄醇的晶体。1946年，戴维·阿德里安·范·多普（David Adriaan van Dorp）和约瑟夫·费迪南德·阿伦斯（Jozef Ferdinand Arens）均报道了视黄醇的合成方法。1947年，奥托·伊斯勒（Otto Isler）等也报道了视黄醇的合成方法。不久之后的1948年，霍夫曼-拉罗氏（Hoffmann-La Roche）（罗氏）制备了第一批商业批次的合成视黄醇醋酸酯（retinyl acetate, Rac）^[9, 10]。

1.2 视黄醇与视黄酸：从痤疮治疗到抗衰老

除了视觉功能外，当人体缺乏视黄醇时，还可能会产生皮肤过度角化的现象。随着时间的推移，视黄醇因其在调节皮肤生理功能中的关键作用而受到关注^[11]。

视黄醇应用于护肤，最早可以追溯至1969年。皮肤医学界颇有威望的艾伯特·克利格曼（Albert Kligman）教授，对于将视黄醇应用于抗衰老领域发挥了极大的推动作用。克利格曼发现0.1%全反式视黄酸（all-trans retinoic acid, ATRA，也称维甲酸）[下文所述“视黄酸”（retinoic acid, RA），均指全反式视黄酸]应用于痤疮治疗，取得了良好的疗效^[12]。随后，据患者反馈，视黄酸在祛痘的同时可改善角质，并具有抗皮肤衰老和抗皱的功效^[13]。于是，克利格曼又开启了对视黄酸的抗皮肤衰老临床研究。1984年，克利格曼使用视黄酸治疗光老化小鼠，在治疗10周后发现小鼠皮肤中胶原蛋白大量再生^[14]。1986年，克利格曼进行了人体皮肤试验，在人体皮肤上使用3~12个月0.05%的视黄酸后，发现了皮肤胶原再生、弹力网重建，这证明了视黄酸具有非常显著的抗皮肤衰老的效果^[15, 16]。

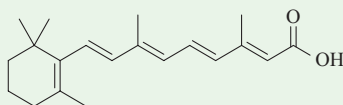
虽然视黄酸的抗皮肤衰老效果卓越，但其刺激性过强，不适合直接用于化妆品，不能作为有效成分直接加入化妆品制剂中，因此只能作为



药品推向市场。相较之下，视黄醇酯凭借其温和特性，能顺利渗透表皮屏障，经酯酶催化水解为视黄醇后，通过酶促反应进一步转化为视黄醛（retinal，RAL），并进一步转化为活性形式的视黄酸。这一代谢过程既可避免视黄酸强烈的皮肤刺激作用，又能激活细胞更新。视黄醇、视黄醛和视黄醇酯可作为视黄酸的前体化合物，在化妆品中的应用更为广泛^[17-19]。

维甲酸乳膏药品说明书

➤ 活性成分：



➤ 上市时间：

于1971年10月20日首次在美国被批准用于治疗寻常痤疮。

➤ 适应证：

可治疗痤疮及皮肤萎缩或角质异常等。

➤ 不良反应：

用药部位可能发生红斑、肿胀、脱屑、结痂、色素增加或减退。偶见不良反应。

➤ 禁忌：

1. 妊娠起初3个月内的妇女禁用。
2. 哺乳期妇女禁用。
3. 对本品任何成分过敏者禁用。
4. 眼部禁用。

➤ 药物相互作用：

本品具有增加光敏性的危险，应避免与其他光敏感性药物合用，如噻嗪类、四环素类、氟喹诺酮类、酚噻嗪类、磺胺类等。
本品与肥皂等清洁剂、含脱屑药制剂（如过氧苯甲酰、间苯二酚、水杨酸、硫磺等）、含乙醇制剂、异维A酸等共用，可加剧皮肤刺激或干燥，因此必须慎用。

➤ 注意事项：

1. 用药部位避免日光照射。
2. 儿童慎用。
3. 不应大面积使用。
4. 不得用于皮肤破溃处。
5. 哺乳期妇女在用药期间应停止哺乳，育龄妇女用药期间严禁受孕。
6. 避免接触眼睛和其他（如口、鼻等）黏膜。
7. 用药部位如有烧灼感、瘙痒、红肿等情况应停药，并将局部药物洗净，必要时向医师咨询。
8. 用于治疗痤疮，起初数周可暂加刷，仍应继续治疗6周以上才能达到最大疗效。
9. 本品可能引起严重刺激或脱屑，不宜用于皮肤皱褶处。
10. 对本品过敏者禁用，过敏体质者慎用。
11. 本品性状发生改变时禁止使用。
12. 请将本品放在密闭、遮光、阴凉干燥处保存。

数据来源于 <https://synapse.patsnap.com/homepage> 和 <https://go.drugbank.com/>

其中，视黄醇的抗皮肤衰老作用得到了多项临床研究的证实。研

究显示，使用0.04%视黄醇6周即可显著改善皮肤老化状况，使用12周后能明显改善皮肤细致度和皱纹，调节角质层^[20]。使用0.1%视黄醇8周即可对抗皮肤的光老化^[21]，0.4%视黄醇还可以增加表皮厚度^[22]，而1.6%视黄醇甚至能使皮肤厚度增加1.5倍^[23]。此外，视黄醇作为视黄酸的重要前体化合物，可被氧化生成视黄醛，然后继续被氧化生成视黄酸，亦可以与脂肪酸酯化形成视黄醇酯。由于视黄醇具有显著的抗皮肤衰老功效，因此其在抗衰老化妆品领域有着巨大的发展潜力和应用前景。此后，很多化妆品品牌开始重视对视黄醇的研究。例如，兰嘉丝汀（Lancaster）于1975年推出了全新的视黄醇酯面霜产品（含有视黄醇醋酸酯），并申请了专利（表1-1）^[19, 24, 25]。

表 1-1 1975 年推出的兰嘉丝汀面霜的配方

物质	w/w %
山梨糖醇硬脂酸酯	2.00
聚山梨醇酯 60	2.00
鲸蜡醇	2.00
蜡	2.50
矿物油	25.00
羊毛脂	2.50
癸基油酸酯	2.00
防腐剂	0.37
二丁基羟基甲苯 (butylated hydroxytoluene, BHT) (抗氧化剂)	0.20
香精	0.45
视黄醇醋酸酯	0.09~0.21 (3000~7000 IU/g)
水	至 100.00

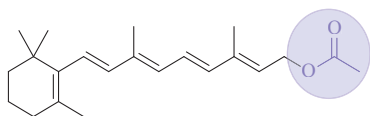
注：该面霜的主要活性成分为0.09%~0.21%的视黄醇醋酸酯，以及0.20%的抗氧化剂二丁基羟基甲苯（BHT）^[24, 25]。

1.3 视黄醇衍生物：抗皮肤衰老亲友团

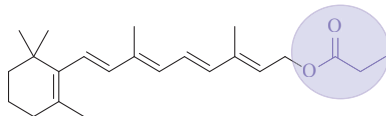
1.3.1 类视黄醇家族成员

迈克尔·B. 斯波恩（Michael B. Sporn）等于1976年以“类视黄醇”（retinoid）来命名这一广泛的家族。从化学角度出发，类视黄醇可表示基于母体化合物视黄醇的结构衍生物，同时是具有相似生物活性的分子集合^[2, 26]。这一家族除了包括视黄醇本身，还包括视黄醇醋酸酯（Rac）、视黄醇丙酸酯（retinyl propionate, RP）、视黄醇棕榈酸酯（retinyl palmitate, RP）、羟基频哪酮视黄酸酯（hydroxypinacolone retinoate, HPR），以及视黄醇的氧化物形式——视黄醛和视黄酸（图1-2）。其中，最具商业相关性的衍生物是视黄醇醋酸酯，因为其具有更高的稳定性，在全球范围内的生产规模达到每年7500吨以上^[26, 27]。如前所述，视黄醇醋酸酯在体内可以被水解释放出视黄醇，而视黄醇可在氧化酶的作用下，生成视黄醛，进一步被氧化为视黄酸（图1-2）。研究证实，视黄醇醋酸酯、视黄醇、视黄醛和视黄酸，均具有抗皮肤衰老的活性，其中视黄醇醋酸酯和视黄醇对皮肤的作用更加温和。

1996年，视黄醇被美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration, FDA）批准用于抗皮肤衰老化妆品中，这也是第一个被FDA批准用于抗皮肤衰老的维生素，被誉为“抗衰黄金标准”成分^[28]。



视黄醇醋酸酯（Rac）



视黄醇丙酸酯（RP）

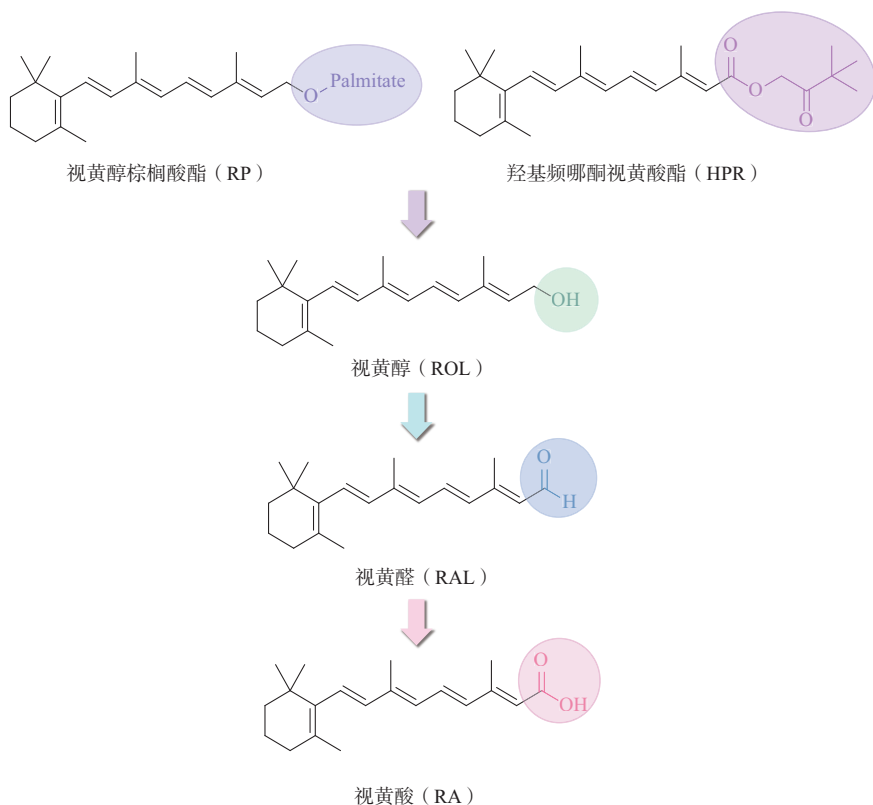


图 1-2 类视黄醇家族成员及体内代谢

欧盟消费者安全科学委员会 (Scientific Committee on Consumer Safety, SCCS) 评估了化妆品中常见的类视黄醇成分 (视黄醇、视黄醇醋酸酯和视黄醇棕榈酸酯) 的相对活性 (表 1-2, 表 1-3)。在抗衰效果上, 视黄醇 $\approx$ 视黄醛 $>$ 视黄醇酯^[29]; 而从温和耐受程度而言, 视黄醇酯 $>$ 视黄醇 $\approx$ 视黄醛 $\gg$ 视黄酸^[19]。视黄醇相对视黄醛和视黄醇酯而言, 处于中间的平衡位置, 很好地平衡了刺激性、功效等问题, 因此在化妆品行业中应用广泛。

表 1-2 视黄醇及其两种酯类衍生物转换为 1 国际单位 (IU) 所对应的质量^[29]

物质	1 IU 对应的质量 (μg)
视黄醇	0.300 μg
视黄醇醋酸酯	0.345 μg
视黄醇棕榈酸酯	0.550 μg

表 1-3 1 mg 视黄醇及其两种酯类衍生物转换为相应的国际单位及视黄醇当量^{* [29]}

物质 (1 mg)	国际单位 (IU)	视黄醇当量 (μg)
视黄醇	3330	1000
视黄醇醋酸酯	2900	870
视黄醇棕榈酸酯	1830	550

* 视黄醇当量表示视黄醇醋酸酯和视黄醇棕榈酸酯相对应的视黄醇质量 (μg)。

近年来,美国格兰特工业公司 (Grant Industries) 开发出了全新的视黄醇衍生物——羟基频哪酮视黄酸酯 (Granactive Retinoid[®])。在类视黄醇家族抗衰老成分的迭代进程中,新锐成分羟基频哪酮视黄酸酯的独特之处主要源于其化学结构,即在视黄酸的母核结构基础上,拼合了频哪醇的修饰结构 (图 1-3)。这种结构修饰使得羟基频哪酮视黄酸酯能够直接发挥类似于视黄酸的作用,而不需经过层层代谢转化^[30, 31]。试验证明,在眼周使用羟基频哪酮视黄酸酯 14 天后,眼部的细纹或皱纹均有所减少。同时,与视黄醇相比,羟基频哪酮视黄酸酯具有很高的稳定性,约为视黄醇的 10 倍。在 24 h 斑贴试验中,0.5% 视黄醇 (溶剂为二甲基异山梨醇) 会引发皮肤的过敏反应,而羟基频哪酮视黄酸酯 (溶剂为二甲基异山梨醇) 则无任何皮肤过敏反应 (图 1-4)^[32]。

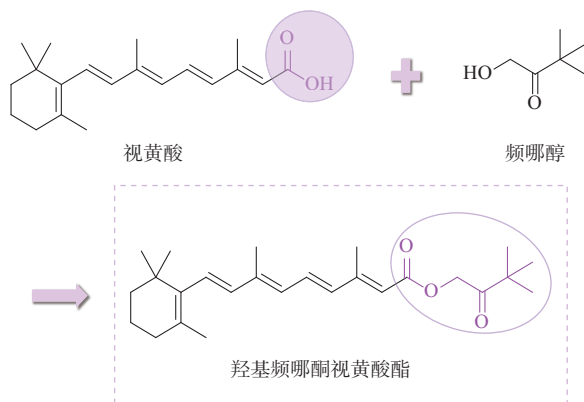
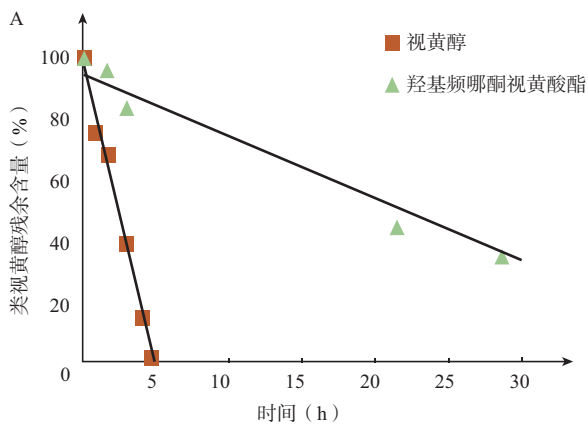


图 1-3 羟基频哪酮视黄酸酯及其合成路线



B



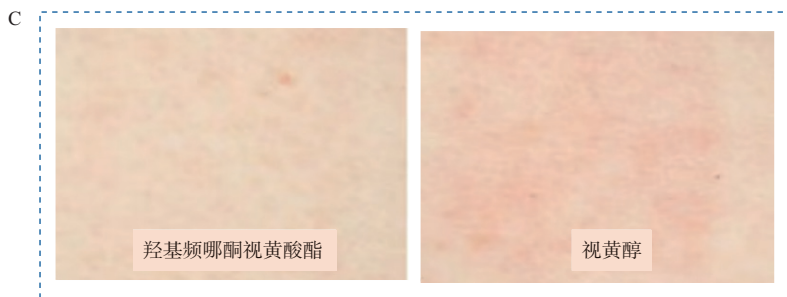


图 1-4 羟基频哪酮视黄酸酯的抗皮肤衰老试验

A. 羟基频哪酮视黄酸酯稳定性约为视黄醇的 10 倍（基于视黄醇半衰期的比较）；B. 在眼周使用羟基频哪酮视黄酸酯 14 天后，眼部细纹或皱纹均有所减少；C. 24 h 斑贴试验显示，与视黄醇相比，羟基频哪酮视黄酸酯的皮肤刺激性显著低于视黄醇^[32]

1.3.2 视黄醇的代谢过程：活性成分变形记

在口服条件下，视黄醇酯（如上文所述的视黄醇醋酸酯、视黄醇丙酸酯、视黄醇棕榈酸酯和羟基频哪酮视黄酸酯）依赖于胆汁和脂肪从肠道吸收，吸收率约为 80%。肠腔内视黄醇酯在胰腺甘油三酯脂肪酶和肠磷脂酶 B 的作用下可水解为视黄醇，然后在肠黏膜上再发生酯化，与乳糜微粒结合；乳糜微粒中的视黄醇酯被运送至血液中，进而被释放，最后在肝脏中储存^[33]。在皮肤外用条件下，经渗透通过皮肤的视黄醇酯在发挥作用的同时，也会被吸收进入血液，发生类似的代谢过程，具体介绍如下。

类视黄醇的代谢较为复杂，全过程涉及许多不同的类视黄醇形式，包括视黄醇酯、视黄醇、视黄醛、视黄酸，以及其他视黄醇和视黄酸的氧化和共轭代谢产物。此外，类视黄醇的代谢还涉及了许多对类视黄醇代谢过程具有特异性的载体蛋白和酶，以及其他可能参与介导甘油三酯或胆固醇代谢的蛋白^[34]。

视黄醇可被细胞质和微粒体的视黄醇脱氢酶（retinol dehydroge-